

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

## **Zlepšování výrobního procesu za použití nástrojů Six Sigma**

Improving of the Production Process Using  
Six Sigma Tools

Student:

Kristýna Hofrová

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Vladimíra Schindlerová, Ph.D.

## Zadání bakalářské práce

Student: **Kristýna Hofrová**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2301R040 Průmyslové inženýrství  
Téma: **Zlepšování výrobního procesu za použití nástrojů Six Sigma**  
**Improving of the Production Process Using Six Sigma Tools**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Teoretická východiska zadané problematiky.
2. Analýza současného stavu výrobního procesu.
3. Identifikace problémových míst.
4. Návrh řešení.
5. Zhodnocení návrhů a přínos pro podnik.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN ISO 690 (01 0197) *Informace a dokumentace: Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: ÚNMZ, 2011, 40 s.  
KEŘKOVSKÝ, M. *Moderní přístupy k řízení výroby*. Vyd. 2. Praha: C. H. Beck, 2009. 137 s. ISBN 978-80-740-0119-2.  
MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M. *Cesty k vyšší produktivitě. Strategie založená na průmyslovém inženýrství*. Liberec. Institut průmyslového inženýrství. 1996, ISBN 80-902235-0-8  
GEORGE, M. L. *Kapesní příručka Lean Six Sigma: rychlý průvodce téměř 100 nástroji na zlepšování kvality procesů, rychlosti a komplexity*. Přeložil K. HODICKÁ. Brno: SC&C Partner, 2010. 280s. ISBN 978-80-904099-2-7.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vladimíra Schindlerová, Ph.D.**


Konzultant bakalářské práce: Ing. Vlastimil Čep

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018

  
Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 21. května 2018.



Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědoma, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů – že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. května 2018.



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Kristýna Hofrová

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Kunín 388, 742 53

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

HOFROVÁ, K. *Zlepšování výrobního procesu za použití nástrojů Six Sigma: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2018, 42 s. Vedoucí práce: Schindlerová, V.

Bakalářská práce se zabývá výrobním procesem daného výrobku a jeho zlepšováním pomocí nástrojů Six Sigma. Nejprve práce seznámí s výchozím stavem výrobního procesu. Poté je práce strukturována podle metodiky DMAIC. Cílem je minimalizovat jeden problém vybraný z několika nejčastějších vad na daném výrobku a také maximalizovat výkonnostní zisk. Problém se nejdříve definuje, mimo jiné za využití Pareto analýzy. Poté probíhá sběr dat ve výrobě. Nasbíraná data se analyzují pomocí Ishikawa diagramu a 5x Proč. Následně se implementují změny, které se při analýze ukážou jako důležité pro minimalizování výskytu problému. Poslední fází je řízení, ve které se ověřená zlepšení standardizují a sleduje se dodržování.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

HOFROVÁ, K. *Improving of the Production Process Using Six Sigma Tools: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2018, 42 p. Thesis head: Schindlerová, V.

The Bachelor Thesis is concerned with the production process of a given product and its improving via Six Sigma Tools. First of all, the thesis will introduce the initial state of the production process. After that, we construct the product using the DMAIC methodology. The aim is to minimize one of the most common flaws of the given product but also to maximize the profit performance. Firstly, the problem is outlined using the Pareto analysis among other methods. Afterwards, the collection of data during the fabrication process is performed. The data are analyzed via Ishikawa diagram and 5x WHY. Then, the suggested improvements, which result important for the minimization of the problem during the analysis, are implemented. The last part of the thesis covers the process during which the verified improvements are standardized and the compliance with the changes is monitored.

# Obsah

Seznam použitých značek a zkratek .....	7
Úvod.....	8
1 Teoretická východiska zadané problematiky .....	9
1.1 Six sigma .....	9
1.2 Lean.....	10
1.3 DMAIC.....	11
1.3.1 Definovat.....	12
1.3.2 Měřit.....	14
1.3.3 Analyzovat .....	15
1.3.4 Zlepšit .....	17
1.3.5 Kontrolovat .....	18
2 Cíle práce .....	20
3 Analýza současného stavu .....	20
3.1 VOP CZ – přestavení podniku .....	20
3.2 Schéma pracoviště.....	24
4 Identifikace problémových míst a návrhy řešení.....	25
4.1 Definovat.....	25
4.1.1 Vybrat vhodný projekt .....	25
4.1.2 Sestavit projektový tým .....	26
4.1.3 Naplánovat projekt.....	26
4.1.4 Sbírat hlas zákazníka.....	27
4.1.5 Nastavit CTQ a cíl projektu .....	28
4.1.6 Identifikovat rizika projektu .....	28
4.1.7 Sepsat Project Charter.....	28
4.2 Měřit.....	29
4.3 Analyzovat .....	30
4.4 Zlepšit.....	34
4.5 Kontrolovat.....	35
5 Zhodnocení návrhů a přínos pro podnik.....	37
6 Literatura .....	38
7 Seznam příloh.....	41

## Seznam použitých značek a zkratek

5S	nástroj pro eliminaci činností, které nepřidávají hodnotu
COPQ	náklady na nekvalitu (Cost of poore quality)
CTQ	charakteristiky rozhodující pro kvalitu (Critical To Quality)
DMAIC	metodika zlepšování kvality (Define, Measure, Analyze, Improve, Control)
DPMO	počet defektů na milion příležitostí (Defects per Million Opportunities)
DPU	počet defektů na jednotku (Defects per Units)
FMEA	analýza příčin a důsledků selhání (Failure Mode and Effects Analysis)
FPY	kolik % výrobků projde procesem napoprvé bez neshod (First Pass Yield)
KPI	klíčové ukazatele výkonnosti (Key Performance Indicators)
OTD	doručení na čas (On time delivery)
SIPOC	metoda pro popis procesů (Supplier, Input, Process, Output, Customer)
SMED	proces pro minimalizaci časů prostoje (Single Minute Exchange of Dies)
TQM	celopodnikové řízení kvality (Total Quality Management)
VOC	hlas zákazníka (Voice Of Customer)
VSM	mapa toků hodnot (Value Stream Map)

# Úvod

V dnešní uspěchané době je ze strany zákazníka kladen důraz na rychlost zakázky, kvalitu a také na cenu. Aby byl průmyslový podnik schopen co nejlépe plnit tyto požadavky a zároveň aby nebyl ztrátový, snaží se optimalizovat výrobu produktů tak, aby u výstupní kontroly bylo produktů co nejméně neshodných. Tím se šetří jak čas, který by se spotřeboval na opravy vad, tak i náklady s opravami spojené. Podnik se zároveň snaží o co největší zisk ze zakázky. Firma si tímto způsobem zajišťuje také konkurenceschopnost.

Jedním ze způsobů, jak zlepšit výrobní proces a tím i snížit počet neshodných výrobků, je použití nástrojů Six Sigma. Je to v podstatě filozofie, jejímž úkolem je neustálé zlepšování a uspokojování potřeb zákazníka za současného snižování nákladů. Metodika Six Sigma je univerzální, lze ji použít jak v automotive, tak i v bankovníctví a kancelářích.

Ve firmě VOP CZ, s. p. jsem měla možnost si optimalizaci výrobního procesu vyzkoušet. Jednalo se o výrobu svařence RAHMEN, na kterém bylo velké množství rozměrových a závitových vad. Cílem této bakalářské práce bylo zanalyzovat vady a pokusit se o snížení výskytu vybrané vady pomocí nástrojů Six Sigma, konkrétně za použití přístupu DMAIC. Cílem bylo také snížení nákladů podniku na nekvalitu.



# 1 Teoretická východiska zadané problematiky

## 1.1 Six sigma

Metodika Six Sigma je poměrně mladá. Vyvíjí se od 70. let minulého století ve společnosti Motorola, kterou převzali japonští vlastníci v situaci, kdy byl každý pátý vyrobený televizor označen jako zmetek. Noví vlastníci si dali za cíl při zachování stejných technologií, dělníků a výrobních vzorů vyrábět výrobky s vyšší kvalitou při nižších nákladech, čehož nakonec dosáhli. Na základě jejich zkušeností tedy vznikla metodika Six Sigma.<sup>2</sup>

Six Sigma je o odstraňování defektů a variabilit z procesů. Procesy se tedy zlepšují s cílem splnit požadavky zákazníků a vytvořit stabilní a smysluplný proces.

K zavedení metodiky Six Sigma jsou firmy většinou motivovány externími vlivy, které vychází z požadavků zákazníků, protože jsou to především zákazníci, kteří požadují výrobky bez vad, čímž firmy šetří své zdroje vynaložené na reklamace, případně na obnovu své reputace a především šetří čas.<sup>4</sup>

Cestou k zákaznické spokojenosti je pochopení požadavků zákazníků a porozumění procesu. V rámci metodiky Six Sigma jsou řešeny například tyto pojmy: variabilita, defekty a kvalita (ne TQM).

Variability, neboli požadavky zákazníka, jsou dány samozřejmě zákazníkem, který stanoví, co je pro něj ještě přijatelné a co již ne.

Defekt je nežádoucí výsledek procesu, můžeme jej považovat za symptom zákaznické nespokojenosti. Aby došlo k nápravě, musí být objevena kořenová příčina vzniku problému a musí být odstraněna. Identifikace, ověření a eliminace kořenových příčin je hlavním cílem Six Sigm. Mezi variabilitou a symptomem je přímo úměrný vztah, čím je větší variabilita, tím více je defektů.<sup>2</sup>

Kvalita je v Six Sigmě je velmi používaný pojem. Myslí se tím zvýšení ziskovosti společnosti pomocí zvýšené hodnoty, kterou přes výrobky či služby dodává podnik zákazníkům. Rozdíl mezi tím, čeho lze v oblasti kvality dosáhnout a čeho proces reálně dosahuje, se nazývá plýtvání.<sup>2</sup>

Ve statistice se sigma značí směrodatná odchylka. Proces, který skutečně funguje na úrovni Six Sigma, má pouze 3,4 defektní výstupy z milionu výstupů. Označení Six Sigma je chápáno jako etalon kvality.

## 1.2 Lean

Metodika Lean je zaměřena především na plýtvání. Principem je z procesu odstranit aktivity nepřinášející výstupu žádnou přidanou hodnotu. Lean je zaměřen na zákazníka, zabývá se tím, co vyžaduje a za co vynakládá své finance.

Klíčovými výrazy v této metodice jsou plýtvání, procesní čas, kvalita, produktivita a hodnota aktivity. Plýtváním je myšleno jeho osm základních druhů:



Obrázek 1: Základní druhy plýtvání. <sup>5</sup>

Základní milníky vzniku metodologie Leanu:

- 1890 – Frederick W. Taylor začal studovat jednotlivé části výrobního procesu,
- 1910 – Henry Ford zavedl výrobní linky, jedná se o počátek masové výroby,
- 1930 – Alfred P. Sloan (General Motors) vytvořil strategie pro řízení výrobního mixu a pro přizpůsobování produktů požadavkům zákazníků,
- 1950 – Taiichi Ono (Toyota) – vytvořil základy pro Just-in-Time a techniku rychlé přestavby SMED, také založil metodu 5S,
- 1990 – James Womack vydal knihu „Machine that changed the world“ a položil základy Lean Manufacturing, definoval základní koncepty a přiblížil je odborné veřejnosti. Předvedl také jeho aplikovatelnost na všechny obory výroby a služby. <sup>6</sup>

James Womack doporučil tyto základní principy:

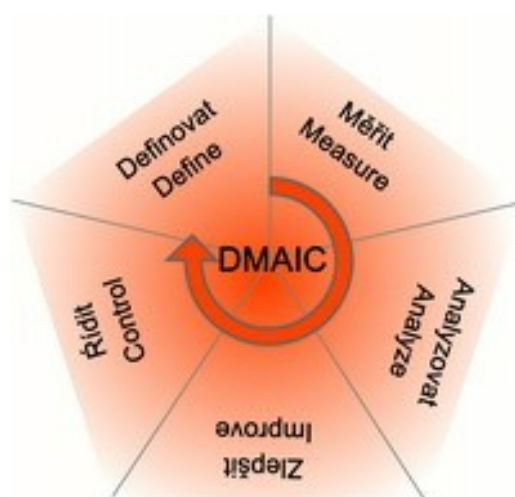
- Hodnota – firma by se měla zabývat tím, co je podstatné pro efektivní fungování procesů jejích zákazníků.
- Hodnotový řetězec – je nutno rozlišovat, které kroky v procesu přispívají k tvorbě hodnoty a které ne.
- Tok – je potřeba udržovat sledy pracovních činností neustále v pohybu a eliminovat plýtvání, které je vytvářeno čekáním.
- Poptávka – předcházení tomu, aby se vytvořilo nebo objednalo více produktů, než kolik jich zákazník vyžaduje.
- Úsilí o dosažení dokonalosti – neexistuje žádná úroveň dokonalosti, na které by se dalo říci, že je konečná a nepřekonatelná. <sup>2</sup>

### 1.3 DMAIC

Zlepšování procesů se zakládá na poznání toho, co má být zlepšeno. DMAIC je projektová metodika metodiky Lean Six Sigma. Název tvoří počáteční písmena pěti fází, kterými musí projekt projít, má-li mít smysl a být úspěšný. Jedná se o tyto fáze:

- D – definuj,
- M – měř,
- A – analyzuj,
- I – implementuj (zlepšuj),
- C – kontroluj (řid').

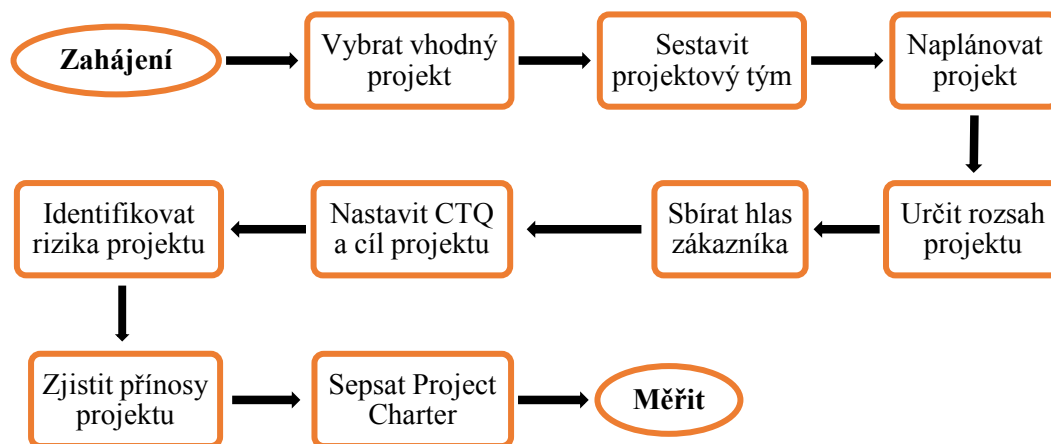
Je důležité vědět, že jednotlivé fáze se nesmí přeskakovat. Postup musí mít chronologický sled a další fáze se může zahájit až poté, co je dokončena fáze předchozí. <sup>2</sup>



Obrázek 2: DMAIC. <sup>14</sup>

### 1.3.1 Definovat

Jedná se o počáteční fázi, před jejímž začátkem je potřeba mít návrh projektové listiny od sponzora a přidělené zdroje (finance a tým). Tato fáze se skládá ze sedmi kroků, v některých společnostech se všemi zabývá speciální tým, jinde provede část nebo všechnu podkladovou práci Black Belt.<sup>7</sup>



Obrázek 3: Schéma fáze Definovat.<sup>3</sup>

Fáze Definovat začíná výběrem vhodného projektu. Projekt vybírá nejčastěji TOP management, zaměstnanci či Black Belt. Nejvhodnějšími možnostmi, jak vybrat vhodný projekt, jsou brainstorming, hlas zákazníka, radarový graf, reporty a KPI, firemní strategie, procesní model a audit. Brainstorming je hromadné generování nápadů, kde každý člen říká, co jej v dané souvislosti napadne. Během diskuze jsou si všichni členové rovni. Kreativita je zde vítána. Ze všech nápadů se poté vybere nejdůležitější. Vhodnost projektu poznáme podle toho, že známe problém v procesu, ale neznáme jeho řešení, a že je proces měřitelný a uskutečnitelný maximálně ve čtrnácti týdnech. Jednou z možností, jak vybrat nejdůležitější projekt, je matice výběru projektů. V ní jsou potenciální projekty porovnány s typickými projektovými kritérii. Kritéria se hodnotí bodově 1-9, kde 1 označuje malý vliv či nesouhlas a 9 velký vliv či souhlas. Jednotlivým kritériím se ještě před hodnocením jednotlivých projektů přidělí váha označující důležitost. Projekt s největším množstvím bodů v součtu vyhrává. Příklad způsobu hodnocení: Je projekt řešitelný v přijatelně krátké době?

- a) Projekt je řešitelný do 12-15 týdnů. – 9 bodů
- b) Projekt je řešitelný v době 6 měsíců a více. – 1 bod.<sup>3</sup>

Po vybrání vhodného projektu následuje sestavení projektového týmu. Tým je efektivnější než jednotlivec, na každý proces je expert někdo jiný. Tým by mělo tvořit 5–8 členů. Každý člen má mít svou skupinovou roli. K jejímu určení se používá Belbinův test, který definuje 8 typických rolí, z nichž žádná není špatná. V týmu zpravidla bývá

vedoucí týmu – Black Belt, který zodpovídá za odevzdání projektu sponzorovi. Dále je zde zadavatel projektu – Champion, který odstraňuje překážky a podporuje tým k úspěchu. Champion je zároveň stakeholder, jelikož projekt výrazně ovlivňuje. Tým se schází na pravidelných workshopech, které jsou řízeny moderátorem. Z každé schůzky by měl být písemný záznam zaslaný všem účastníkům.<sup>3</sup>

Dalším krokem je naplánování projektu. Zodpoví se otázka množství potřebného času a jaké zdroje jsou potřeba. Obvyklý rozsah fází DMAIC cyklu je 2-4-2-4-2 týdny. K vytvoření podrobeného projektového plánu se používá Ganntův diagram. Z diagramu lze vyčíst sled, délku trvání a návaznost jednotlivých aktivit.

Následujícím krokem je určení rozsahu projektu. K optimálnímu nastavení rozsahu je vhodná například metoda SIPOC, jejíž název je složen z počátečních písmen slov supplier–dodavatel, input–vstup, process–proces, output–výstup a customer–zákazník.

Důležitým krokem je sběr hlasu zákazníka (VOC). Jedná se o postup, který se používá k získání informací o pocitech a potřebách zákazníka procesu. Důležité je naslouchání zákazníkovi. Hlas zákazníka je většinou negativní, cílem je tato negativa zrušit. Data mohou být sbírána z reklamací, stížností či z workshopů se zákazníkem.<sup>3</sup>

Při nastavování CTQ a cíle projektu se využívá VOC. CTQ je zkratka pro charakteristiky rozhodující pro kvalitu. Jedná se o měřitelné výstupy procesu, které při dosažení určité hodnoty uspokojí zákazníka. Pro každý projekt by měly být vymezeny 2-4 CTQ. Cílem projektu jsou pak hodnoty jednotlivých CTQ, kterých se má dosáhnout. Cíl projektu by měl být S.M.A.R.T.: Specifický – jasně popsáný a definovaný, Měřitelný – z hlediska nastavené metriky, Ambiciózní – změna by měla být viditelná, Relevantní/Realistický – pro firmu bude splnění cíle finančně přínosné, Ohraničený časem – ve kterém by měl být splněn.

Při identifikaci projektových rizik se tým snaží přijít na to, co může projekt během jeho průběhu ohrozit. Může se jednat například o chybějící zdroje, obtížné získávání potřebných dat či odvolání členů týmu na jiný projekt.

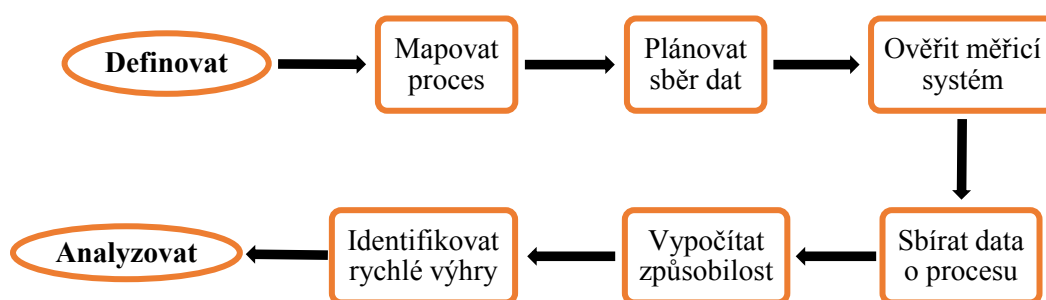
Nyní je potřebné zjistit, jaké jsou přínosy projektu. Kalkulaci přínosů finančních lze provést například pomocí nákladů na nekvalitu (COPQ). V tomto případě dělíme náklady na 4 typy: náklady na prevenci (na zlepšování jakosti, školení), na kontrolu (testování, audit, kontrolování), interní (opravy) a externí (reklamace) náklady na defekty. Přínosy se dělí podle toho, zda ovlivňují přímé náklady do rozpočtu (pak jsou přínosem nižší náklady, méně lidí,

zmetků, eliminace přesčasů) nebo náklady, které mohou vzniknout (vyšší produktivita, kvalita, bezpečnost, kapacita, méně prostojů).

Posledním krokem fáze Definovat je sepsání Project Charter. Jedná se o základací listinu, kde jsou zapsány výstupy většiny předchozích kroků a musí být schválena Championem. <sup>3</sup>

### 1.3.2 Měřit

Cílem této fáze je důkladné seznámení se se současným stavem procesu a sesbírání přesných dat ohledně procesu, jeho kvality a nákladů, která se využijí k odhalení důležitých příčin problémů. <sup>7</sup>



Obrázek 4: Schéma fáze Měřit. <sup>3</sup>

Měření začíná mapováním procesu. Úkolem je zjistit, z jakých aktivit se celý proces skládá a kdo tyto aktivity vykonává. Mapování pomáhá projektovému týmu pochopit proces. Mapování lze provést pomocí procesní mapy. Špagetového diagramu či mapy toků hodnot VSM. VSM představuje tok hodnoty, kdy na začátku je vstupní surový materiál a na konci hotový výrobek. Díky VSM lze vidět proces z pohledu hodnoty pro zákazníka.

V dalším kroku se plánuje sběr dat. Je potřeba rozhodnout, jaké hodnoty a v jakých metrikách budeme měřit. Musí se vhodně zvolit doba sběru dat s ohledem na vyskytující se variability v procesu. Variabilita může být vytvořena různými pracovníky, pracovními postupy, prostředím, zařízením a měřením.

Při ověřování měřicího systému se zjišťuje, zda jsou sledované hodnoty měřeny správně a přesně. Existují dva druhy chyb při měření – chyba správnosti, což je rozdíl mezi hodnotou naměřenou a skutečnou, a chyba přesnosti, kterou tvoří variabilita při měření. Chybu správnosti lze odstranit kalibrací měřicích přístrojů, chybu přesnosti je nutno nejdříve zanalyzovat nástrojem Gage R&R, který zjišťuje, kolik vzniklo variability měřicím systémem vůči celkové variabilitě procesu, a to buď destruktivním nebo nedestruktivním testem.

V následujícím kroku probíhá samotný sběr dat. Data lze sbírat například z již existujících měřicích reportů či z kontrolního listu. Je nutné se vyvarovat zkreslování sbíraných dat.

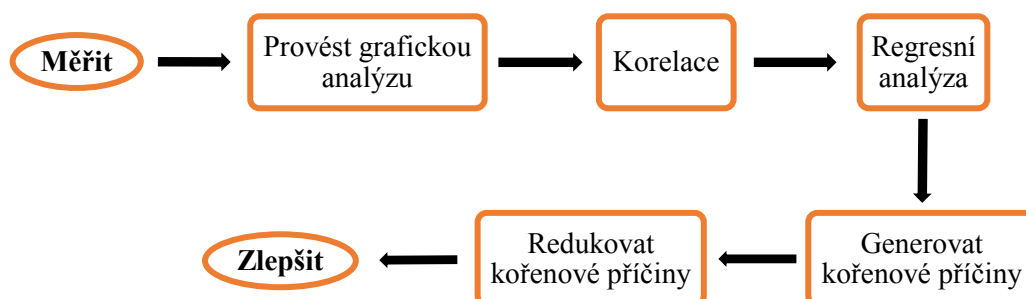
Při výpočtu způsobilosti se ptáme, kolik neshod produkuje aktuální proces, tedy jak dobře tento proces splňuje požadavky zákazníka. Pro spojitá data se vypočítá index způsobilosti. Pro diskrétní data se určuje například počet defektů na jednotku (DPU) nebo počet defektů na milion příležitostí (DPMO). Jak vypočítat DPU, ukazuje následující rovnice, kde jednotkou je myšlena například součástka, dílčí sestava, objednávka. Není zde však zohledněna složitost jednotky.

$$DPU \text{ (Defekty na jednotku)} = \frac{\text{Počet zjištěných defektů}}{\text{Počet jednotek}} \quad (1)$$

Na závěr fáze Měřit je možno využít rychlých výher. Jedná se o případné řešení, které bylo nalezeno během řešení projektu a není náročné jej v procesu ihned začít používat.<sup>3</sup>

### 1.3.3 Analyzovat

Tato fáze vymezuje a ověřuje příčiny, které ovlivňují klíčové vstupní a výstupní proměnné vztahující se na cíle daného projektu.<sup>7</sup>



Obrázek 5: Schéma fáze Analyzovat.<sup>3</sup>

Pro grafickou analýzu je důležité vybrat vhodný typ grafu podle toho, co chceme zobrazit. Také záleží na tom, zda jsou data spojitá či diskrétní. Jedním typem grafu je histogram. Zobrazuje rozložení dat v četnostech. Dalším typem je Pareto diagram. Paretovo pravidlo říká, že 80% následků je způsobeno 20% příčin. Získaná data se tedy seřadí od největší četnosti po nejmenší. V grafu se takto seřazená data proloží Lorenzovou křivkou, která vznikne kumulativním součtem hodnot pro jednotlivá data. Zabývat bychom se pak měli 80% ve směru od největší četnosti.<sup>3, 13</sup>

Korelací zjistíme, jaký je vzájemný vztah mezi dvěma veličinami, tedy to, zda jsou na sobě dvě veličiny závislé. Míra korelace bývá vyjádřena pomocí korelačního koeficientu v hodnotách od -1 po +1. Tento vztah se dá zobrazit také graficky pomocí scatter diagramu.

Regresní analýzou statisticky potvrdíme závislost mezi dvěma veličinami. Navazuje na korelaci a doplňuje ji o matematickou rovnici, kterou popisuje vztah mezi vstupy a výstupy. Pomocí regrese lze zjistit hodnotu výstupu k různým hodnotám vstupu, dokonce i pro vstupy, pro které nejsou sesbíraná data. Předpokladem je, že výstup tvoří spojitá veličina.<sup>3</sup>

Poté následuje generování kořenových příčin. Jedná se o příčiny, které způsobují v procesu defekty. Potenciální kořenové příčiny se hledají pomocí Brainwrittingu, Ishikawa diagramu, myšlenkové mapy, 5x Proč, diagramu koncentrace a závislosti.<sup>3</sup>

Ishikawa diagram je diagram příčin a následků. Svým tvarem připomíná rybí kost, je strukturovaný a dobře vizualizovaný. Příčiny se hledají v několika dimenzích vhodně zvolených pro daný následek. Nejčastěji používanými dimenzemi jsou lidé, metody, stroje, materiál, měření, prostředí, technologie a management. Potenciální příčiny se hledají za využití brainstormingu, z nichž se kolektivně vyberou ty s největším dopadem za přidělení váhových koeficientů.<sup>10, 11</sup>

5x Proč je jednoduchý nástroj, který rychle vede k určení kořenové příčiny. Principem je položení pěti logických otázek, čímž získáme odpověď na původní otázku. Odpověď je však subjektivní, každý může na otázku odpovědět jinak a tím se mu změni kořenová příčina. Nástroj 5x Proč je použit v následujícím příkladu:

*„1. Proč výrobky není možné namontovat?*

*Protože v kovové části výrobku chybí závity...*

*2. Proč v kovové části výrobku chybí závity?*

*Protože je tam dodavatel výrobku neudělal...*

*3. Proč je tam dodavatel výrobku neudělal?*

*Nebyla to chyba dodavatele výrobku, ale jeho subdodavatele...*

*4. Proč subdodavatel dodal výrobky bez závitů?*

*Protože při výrobě praskl závitový nástroj...*

*5. Proč praskl závitový nástroj?*

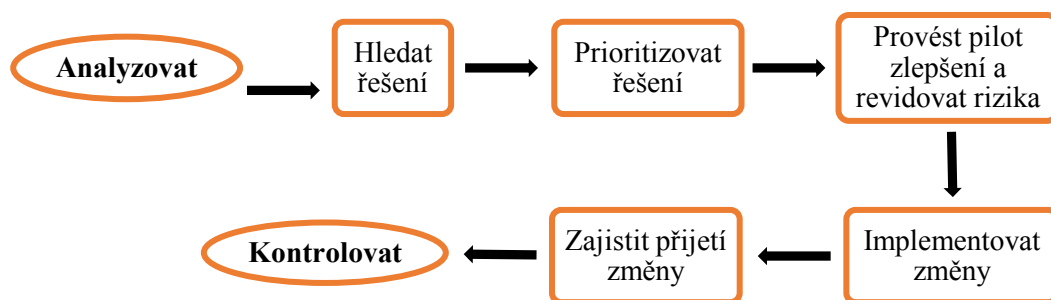
*Protože má omezenou životnost...“<sup>12</sup>*



Cílem redukce kořenových příčin je ze všech potenciálních vybrat cca 10 nejdůležitějších. Redukce se provádí týmově, a to za použití afinitního diagramu, hlasování, Y2X matice nebo matice příčin a následků.<sup>3</sup>

### 1.3.4 Zlepšit

V této fázi se hledá a následně vybírá z vybraných pilotních řešení a plně se zavádí.<sup>7</sup>



Obrázek 6: Schéma fáze Zlepšit.<sup>3</sup>

Hledání řešení probíhá prostřednictvím workshopů s týmem. Je potřeba vytvořit co nejvíce nápadů řešení kořenových příčin a následně z nich vybrat nejlepší. Zde je vhodné zapojit spolu s analytickým myšlením také kreativní myšlení. Mezi kreativní techniky patří již zmiňovaný brainstorming, brainwritting, 6 klobouků de Bona a headlining.

Brainwritting 5-3-5 je forma brainstormingu, kde na sebe musí myšlenky navazovat. Skupina o pěti členech si připraví kartu o 3 sloupcích, každý sloupec je pro jeden nápad. Tito lidé v pěti minutách vymýšlí 3 nápady, poté kartu pošlou dalšímu člověku. Z těchto nápadů se skupinově vybere jeden či dva nápady.

Při prioritizaci řešení je důležité myslet na to, u kterého zlepšení bude nejmenší problém s implementováním a které bude nejpřínosnější. K rozhodnutí pomůže například škála proveditelnosti nebo analýza pole sil.<sup>3</sup>

V dalším kroku se provádí pilot zlepšení. Pilot znamená testování řešení v prostředí a podmínkách, které budou nastávat v reálném procesu. Tím se daří snižovat riziko selhání, předcházet potížím a vyladit proces realizace. Následně tým vyhodnotí rizika pomocí postupu FMEA, která mohou nastat. Pro rizika s nejvyšším hodnocením tým vydá nápravná opatření.

Poté probíhá samotné implementování změn do výrobního procesu.

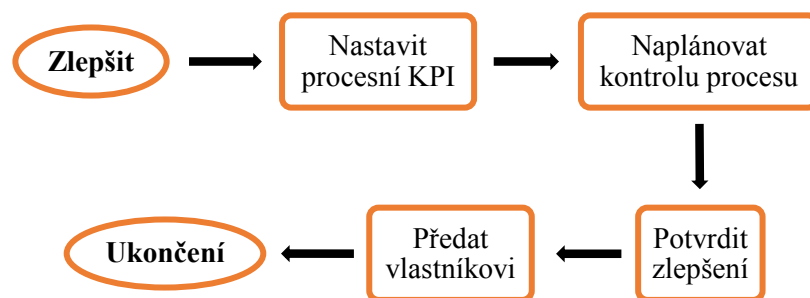
Pro zajištění přijetí změny existují dva druhy technik, jak přijetí podpořit. První jsou tvrdé techniky (projektové), kde se využívá strategie, systémů, procesů a druhé jsou měkké

techniky (lidské), kam patří komunikace, přesvědčování a školení. Ideální je kombinovat obě techniky. Tým by měl být vzorem pro přijetí změny, protože ovlivňuje postoj ostatních. Reakce lidí na změnu zpravidla prochází čtyřmi fázemi. První je pochybování, kde je nutno lidem implementaci vysvětlovat. Druhá je odpor, který lze odbourat vzděláváním, pomáháním s novými úkoly. Třetí fází je objevování, kde je vhodné lidi vést k tomu, aby sami našli řešení.

Poslední fází je podpora ze strany lidí, za kterou je samozřejmé lidi odměnit a pochválit. <sup>3</sup>

### 1.3.5 Kontrolovat

V závěrečné fázi se dokončí práce na projektu a zlepšený proces se odevzdá vlastníkovému procesu i s procedurami na udržení zisků. <sup>7</sup>



Obrázek 7: Schéma fáze Kontrolovat. <sup>3</sup>

Počátečním krokem je nastavení procesní KPI. KPI je klíčový ukazatel výkonnosti, udává měřitelnou hodnotu při činnosti daného procesu. Procesní metriky mohou být rozděleny do čtyř oblastí: zákaznické metriky (typ zákazníků), procesní (čas, kvalita, dodržení), zaměstnanecké (dokončení školení, spokojenost zaměstnanců) a finanční metriky (provozní náklady, rizika). Vybrané metriky budou pravidelně vyhodnocovány buď procesním auditem nebo statistickou procesní kontrolou.

Naplánování kontroly procesu je důležité pro dokázání funkčnosti zlepšení. Nejčastěji používaným způsobem kontroly je pozorování. Jedná se o pravidelné kontrolní schůzky v délce 10-60 minut. Ze začátku se tyto schůzky pořádají častěji. Lepším způsobem kontroly je analyzování dat procesu. Výsledkem je graf s případným vychýlením. Dalším způsobem jsou automatické kontrolní mechanismy, které při zachycení defektu samy celý proces zastaví. Ideálním způsobem kontroly je prevence chyb, kdy je systém natolik dokonalý, že k žádným defektům nedochází.

K potvrzení zlepšení slouží sledování procesní KPI a kontrolní grafy, které vycházejí z kontroly procesu.

Závěrečným krokem je předání projektu vlastníkovi. Od této chvíle je za průběžnou kontrolu procesu zodpovědný jeho vlastník. Úspěchem je akceptace projektu vlastníkem. Ideální předání projektu je na schůzce celého týmu včetně vlastníka, kterému bude celý projekt představen.<sup>3</sup>

Po ukončení projektu je vhodné v týmu shrnout zkušenosti a návrhy, co příště udělat lépe.

# Praktická část

## 2 Cíle práce

Tato práce měla za úkol zlepšit výrobní proces výrobku Rahmen za použití nástrojů Six Sigma. Konkrétně se k tomuto zlepšení využila metodika DMAIC. Bylo tedy nutné projít pěti fázemi: definováním, měřením, analýzou, implementací změn a kontrolou. Záměrem bylo také náležitě seznámení se s těmito nástroji a s výrobním procesem.

Dalším cílem bylo i snížení nákladů na nekvalitu.

## 3 Analýza současného stavu

### 3.1 VOP CZ – přestavení podniku

VOP CZ, s. p. je vojenský opravárenský podnik, který se zabývá vojenskou a civilní výrobou. Podnik sídlí v Šenově u Nového Jičína, část podniku se nachází v blízkých Bludovicích. V podniku pracuje přes 800 zaměstnanců. Jedná se o státní podnik založený Ministerstvem obrany.

Motto: „Být preferovaným podnikem není fakt, je to možnost.“<sup>1</sup>



Obrázek 8: Pohled na podnik.<sup>9</sup>

Výroba ve VOP CZ se člení na tři části:

- Výroba speciál – pro Ministerstvo obrany ČR. Dle smluv se vyráběly T-810, T-72 a chemická technika T-815 ACHR.
- Výroba speciál – ostatní: Zde spadá výroba kabin vojenských vozidel značky NIMR z pancíře v kombinaci s neprůstřelným sklem. Opravovaly se také tanky T-72M1.
- Výroba civil: Tato část výroby získává v podniku čím dál větší význam. Patří zde výroba horních a spodních dílů podvozků stavebních a silničních strojů.

Obecně podnik vyrábí drtiče, chassis (podvozky), díly pro sestavy vysokozdvizných vozíků, provádí montáž vysokozdvizných vozíků, ale i výrobu finálního produktu.



*Obrázek 9: Vojenské vozidlo značky NIMR. <sup>1</sup>*

V roce 2016 se také rozvíjelo servisní středisko, aby mohl být zajištěn kompletní servis a opravy veškeré techniky, kterou bude Armáda České republiky požadovat (Tatry T815, T810 a zajištění potřebných certifikací pro servis a opravu). Dále probíhají ve spolupráci s útvary na doškolování i rozmanitá školení vojáků. Přímou ve VOP CZ se vojáci učí opravě a obsluze různých zařízení. <sup>1</sup>

Kvůli problémům s identifikací a sledovatelností materiálu ve výrobě byl spuštěn Projekt Logistika 2016. V roce 2016 byla realizována Etapa I, která byla zaměřena na řízený elektronický převoz vyráběných materiálů mezi výrobními segmenty a zautomatizování práce technickohospodářských (THP) pracovníků v informačním systému. Díky tomu vznikla úspora 1,1 mil. Kč ve změnách technologických postupů a kusovníků. Byla realizována také Etapa II, která se zaměřila na snížení spotřeby materiálu v odchylkách

a zjednodušení administrativní práce THP pracovníků spojenou s odváděním výroby. Oproti roku 2015 podnik uspořil 15 mil. Kč. V posledních letech podnik vyvíjí a vyrábí víceúčelový nakladač Dapper. <sup>1</sup>



*Obrázek 10: Nakladač Dapper. <sup>1</sup>*

Útvar výroby se zaměřuje na zákaznický orientovanou výrobu. Na základě technologických operací je výroba rozdělena na jednotlivé segmenty:

- dělení materiálu, ohraňování – tzv. přípravné dílny,
- obrobny (vertikální i horizontální), svařovny (ruční i robotické), - tzv. finální dílny,
- lakovny a montáže,
- opravny vojenské techniky. <sup>1</sup>

Za 70 let svého fungování podnik opravil nebo modernizoval 4600 tanků, 20000 kusů různé vojenské techniky, vyrobil 107 kolových obrněných vozidel PANDUR II 8x8 CZ včetně vlastního vývoje průzkumných, zdravotnických, ženijních a velitelských verzí, má 25 let zkušeností s kooperační strojírenskou výrobou pro výrobce stavební, manipulační a zemědělské techniky, a má 70000 m<sup>2</sup> výrobních, administrativních a skladových ploch. <sup>1</sup>

V podniku funguje také vývojové centrum, které pracuje na neustálém vývoji nakladače Dapper, ale také vyvíjí systém Kerberos, který je schopen odhalit nežádoucí předměty (např. výbušniny) na podvozku vozidel. Bylo zde vyvinuto také robotické vozidlo UGV TAROS, které nachází uplatnění při střežení objektů, oblastí a také průzkumu terénu. <sup>15</sup>



Objektem této bakalářské práce je výrobek Rahmen. Jedná se o podvozek kolového nakladače německé firmy Kramer. V podniku se vyrábělo více typů tohoto rámu, tento však v největším množství.



*Obrázek 11: Výrobek Rahmen.*

Motorová vana

Prostor na kabinu

Uchycení nástroje



*Obrázek 12: Kolový nakladač.<sup>8</sup>*

Na výrobku byl zjištěn velký počet různých neshod, a tudíž vznikl prostor pro tuto bakalářskou práci, která měla za cíl snížit jeden vybraný druh neshod z následující tabulky. Celá tabulka s daty za celý rok je uvedena v příloze A.

Tabulka 1: Sledované vady na výrobku.

Sledované období	Počet ks předložených ke kontrole	Počet vrácených kusů	% vrácených kusů	Vady								
				Nevyhovující svary	Kolmost zadní nápravy	Symetrie	Neprůchozí závit	Rozměru	Chybí díl	Nesražené hrany, sv. rozstřík	Neprojde kontrolní čep	Vyčnívající pouzdra
29.5 - 2.6	16	8	50%	10	3	0	8	2	0	1	1	0
5.6 - 9.6	14	6	43%	14	1	0	5	3	0	0	0	0
12.6 - 16.6	18	8	44%	9	0	0	4	2	0	4	0	0
19.6 - 23.6	22	11	50%	6	0	0	6	4	0	2	1	0
26.6 - 30.6	21	12	57%	18	0	0	5	3	0	5	0	0
3.7 - 7.7	14	9	64%	10	0	0	9	2	0	2	0	0
10.7 - 14.7	23	9	39%	16	0	0	4	1	0	2	2	0
17.7 - 21.	32	15	47%	22	0	0	10	2	0	2	1	0
24. 7 - 28.7	25	16	64%	24	0	0	5	5	0	2	0	0
31.7 - 4.8	25	11	44%	10	0	0	5	6	0	3	1	0
11.8 - 25.8	33	12	36%	14	0	0	6	11	0	3	1	0
27.8 - 1.9	15	9	60%	12	0	0	3	4	0	1	0	0
4.9 - 8.9	30	19	63%	23	1	0	10	12	0	2	0	0

### 3.2 Schéma pracoviště



Obrázek 13: Schéma pracoviště.

(1 – segmentový sklad, 2 – neshodné výrobky, 3 – předávací místa, 4 – hotové výrobky,  
5 – stehování vany, 6 – stehování věže, 7 – stehování nápravy)

Šipky naznačují vrata. V hale byly také dva jeřáby.



## 4 Identifikace problémových míst a návrhy řešení

Následující kapitola zahrnuje identifikaci problémových míst. Byla použita metodika Six Sigma, která zahrnuje základní kroky DMAIC.

### 4.1 Definovat

#### 4.1.1 Vybrat vhodný projekt

V podniku už dříve proběhl brainstorming, při kterém se vybralo několik významných vad, pro něž se následně sbírala data o četnosti výskytu. Následně byla vytvořena matice výběru projektů a to tak, že bylo provedeno hodnocení vad z předchozí tabulky. Jak lze vidět v tabulce 2, problematika neprůchozích závitů byla u této metody shledána jako nejvhodnější oblast pro projekt. Pouze pro oblast neprůchozích závitů byl dostupný ochotný tým, bylo velké množství reklamací od zákazníka a ve výrobě byli ochotni projekt podpořit.

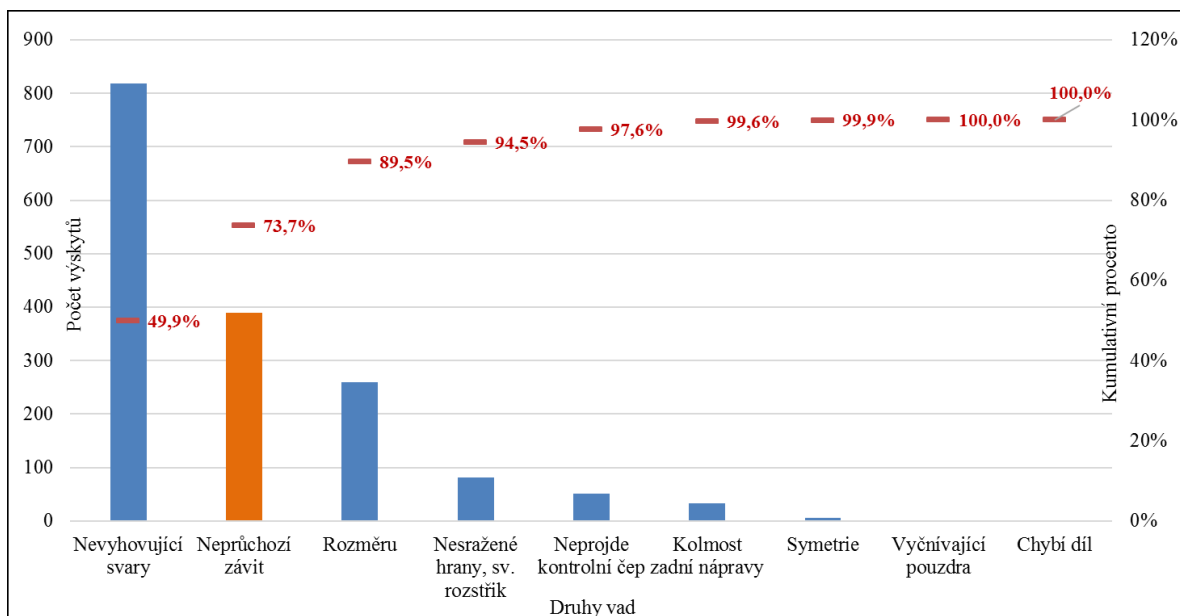
Tabulka 2: Matice výběru projektů.

Vysoká - 9 Střední - 3 Nízká - 1	Váha	Projekt - odstranění vady na Rahmenu								
		Nevyhovující svary	Kolmost zadní nápravy	Symetrie	Neprůchozí závit	Rozměr	Chybí díl	Nesražené hrany, sv. rozstřík	Neprojde kontrolní čep	Vyčnívající pouzdra
Časová zvládnutelnost (10 týdnů)	9	3	1	1	9	1	1	1	1	1
Dosažitelnost dat	1	9	3	1	9	9	1	3	3	1
Dostupnost týmu (zdroje)	9	1	1	1	3	1	1	1	1	1
Vliv na systémy	3	1	1	1	3	3	1	1	1	1
Popis problému defekty	1	1	1	1	9	1	1	1	1	1
Sponzorství	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Náročnost investic	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Interní reklamace	9	9	1	1	9	3	1	9	3	1
Byla vada reklamována zákazníkem	9	3	1	1	9	1	1	1	1	1
Podpora projektu výrobou	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1
<b>Σ</b>		196	82	80	342	112	80	154	100	80

Také byla provedena pomocí dat z tabulky 1 Paretova analýza, kde neprůchozí závitů tvořily druhou nejpočetnější skupinu, konkrétně se jednalo o 24% z celkového počtu výskytů všech vad, který je roven 1641. Paretova analýza je znázorněna v grafu 1.

Paretovo pravidlo, které říká, že bychom se měli zabývat prvními 80% ve směru od největšího výskytu, tedy splnily nevyhovující svary, neprůchozí závitů a částečně vady rozměru.

Na základě výsledků těchto dvou odlišných nástrojů byla pro projekt vybrána problematika neprůchozích závitů. K výběru problematiky neprůchozích závitů přispěl také fakt, že problematika nevyhovujících svarů na výrobku Rahmen již začala být v podniku řešena.



Graf 1: Paretova analýza vad.

#### 4.1.2 Sestavit projektový tým

V tomto případě byl sestaven tým o pěti členech. Tito členové se scházeli na pravidelných workshopech každý pátek ve 13 hodin u vedoucího projektu. Schůzky trvaly v průměru okolo 45 minut.

Vedoucí projektu: Ing. Vlastimil Čep

Řešitel: Kristýna Hofrová

Kontrola: Petr Chudjak

Vlastník projektu + Mistr výroby: Petr Langer

Technolog: Radomír Bajnar

#### 4.1.3 Naplánovat projekt

K naplánování projektu bylo využito Ganttova diagramu, ze kterého je vidět, co se v daném týdnu muselo udělat. Bylo stanoveno, že projekt musí být dokončen do 12.1.2018.

Tabulka 3: Ganttův diagram.

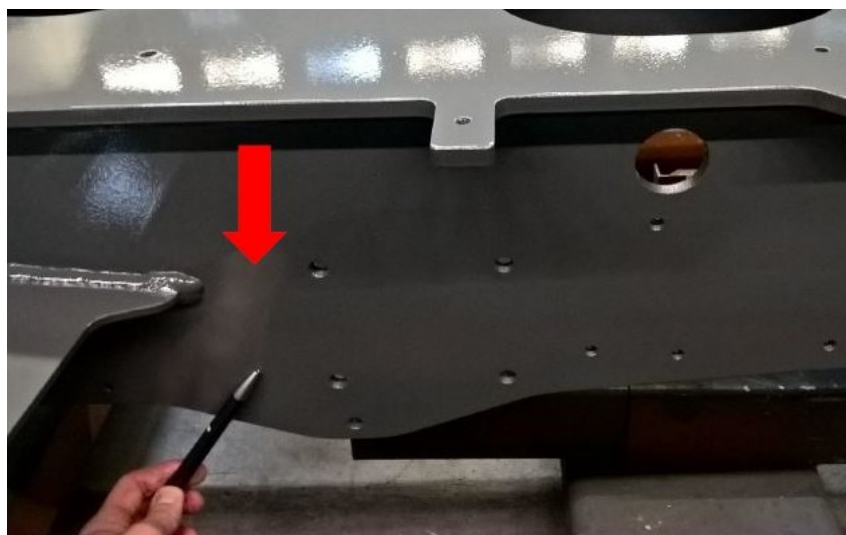
	Kt42	Kt43	Kt44	Kt45	Kt46	Kt47	Kt48	Kt49	Kt50	Kt51	Kt52	Kt1	Kt2
Vybrání projektu													
Sestavení týmu													
Naplánování projektu													
Nastavení CTQ													
Sepsání Project Charter													
Sběr dat													
Analýza dat													
Hledání řešení													
Implementace změn													
Naplánování kontroly procesu													
Potvrzení zlepšení													
Předání projektu vlastníkovi													
Vyhodnocení projektu týmem													

#### 4.1.4 Sbírat hlas zákazníka

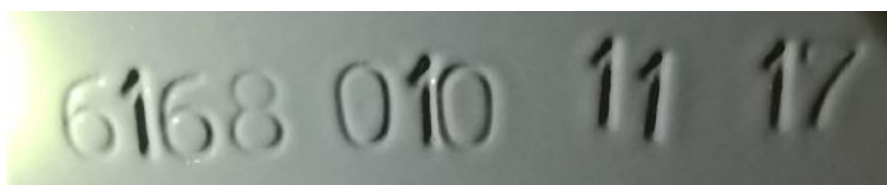
Data byla sbírána z reklamací a e-mailové komunikace se zákazníkem. Zákazník občas zachycoval zcela chybějící závitové díry či jen chybějící závity v dírách. To, že se nezachytily tyto vady ještě před předáním zákazníkovi bylo zapříčiněno tím, že výroba některých dílů byla přesunuta do kooperace, kde k těmto vadám docházelo a v podniku už bohužel tyto vady zachyceny nebyly, protože zodpovědnost za tyto díly byla převedena na kooperaci. Na následujících obrázcích je uveden příklad reklamace od zákazníka.



*Obrázek 15: Ukázka, kde by závity správně měly být.*



*Obrázek 14: Znárodnění, kde závitové díry zcela chybí.*



*Obrázek 16: Výrobní číslo neshodného kusu.*

#### 4.1.5 Nastavit CTQ a cíl projektu

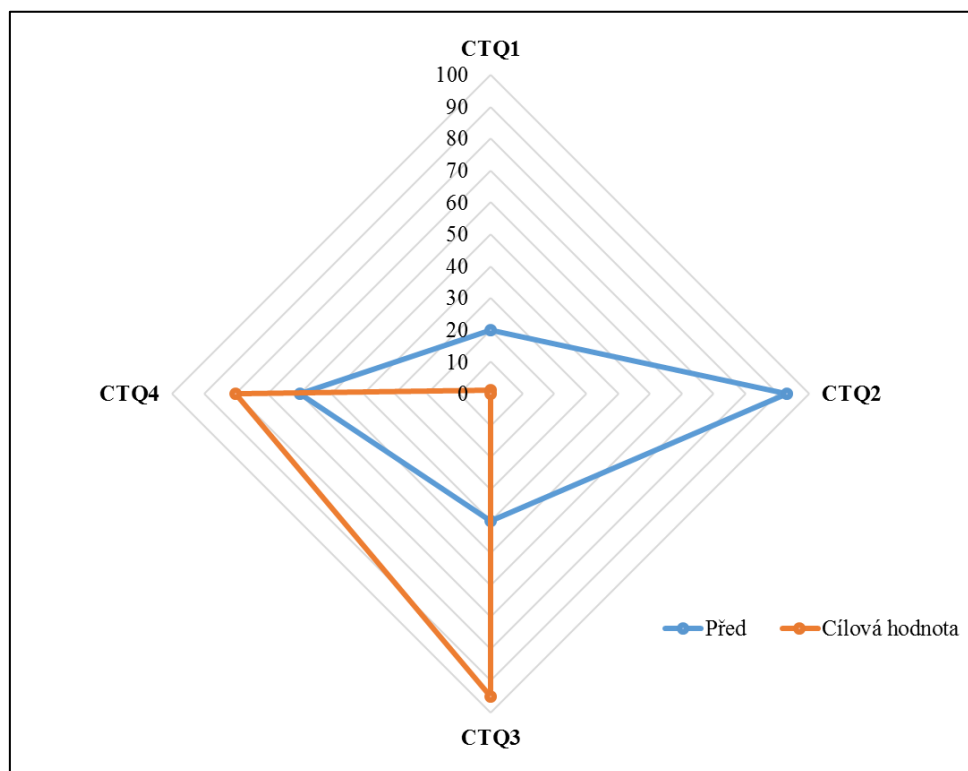
Pro projekt byla nastavena 4 CTQ.

CTQ 1: Snížit náklady na nekvalitu ze současných 20000 Kč na 1000 Kč.

CTQ 2: Odstranit vady (neprůchozí závitové otvory) ze současných 93 na 0 vad.

CTQ 3: Zvýšit FPY (procento výrobků, které projdou procesem napoprvé bez jakékoli neshody) ze 40% na 95%.

CTQ 4: Zvýšit procento dodaných výrobků v požadovaném čase z 60% na 80%.



Graf 2: Klíčové ukazatele vztažené na CTQ.

#### 4.1.6 Identifikovat rizika projektu

Možným rizikem projektu bylo ukončení výroby dílů, které jsou objektem projektu. Dalším rizikem byl vznik jiné priority v průběhu řešení projektu, nenalezení akceptovatelného technického řešení problému nebo nepřidělení finančních prostředků na preventivní opatření.

#### 4.1.7 Sepsat Project Charter

Všechny předchozí kroky se byly zapsány na strukturovaný list (Příloha B), kde jsou všechny potřebné údaje přehledně uspořádány. Lze z něj tedy vyčíst, kdy projekt končí a začíná, členy týmu, jaká jsou CTQ projektu, charakteristiku problému a možná rizika projektu. Project Charter byl schválen Championem.

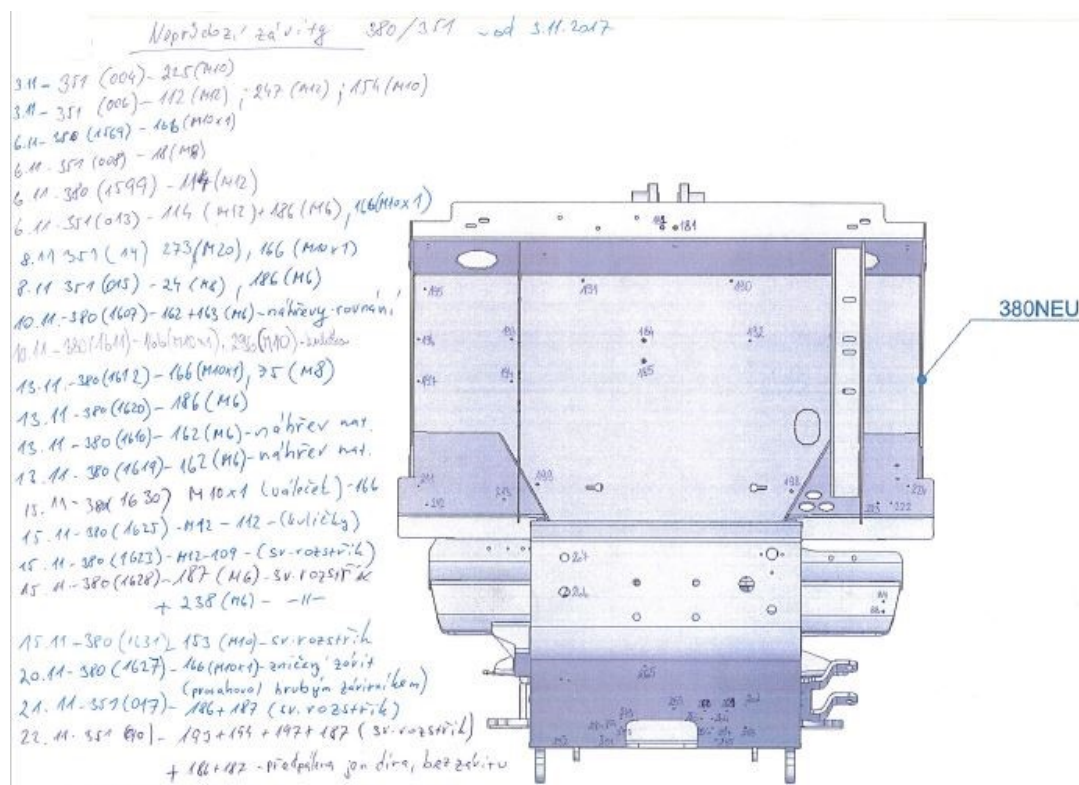
## 4.2 Měřít

Nejprve byly očíslovány veškeré závitů na 3D modelu výrobku a k těmto číslům byly připsány do tabulky velikosti závitů a jejich umístění (Příloha C). Procházením výkresů bylo zjištěno, že na jednom kuse je celkem 300 závitů.



*Obrázek 17: Kontrola průchodnosti závitů.*

Sběr dat probíhal na pracovišti kontroly, kde byly nalepeny vytisknuté 3D modely výrobku s očíslovanými závitovými děrami. Při zjištění neprůchodnosti závitu bylo zaznamenáno datum, typ a výrobní číslo výrobku, číslo neprůchozího závitu a důvod neprůchodnosti. Data se sbírala po dobu pěti týdnů.



Obrázek 18: Ukázka sběru dat.

Výpočet způsobilosti byl proveden pomocí DPU (počtu defektů na jednotku). Jako jednotka byl chápán jeden celý výrobek. Výsledek následující rovnice ukazuje, že v průměru bylo na každém zkontrolovaném výrobku nalezeno 1,094 defektu.

$$DPU = \frac{\text{Počet zjištěných defektů}}{\text{Počet jednotek}} = \frac{93}{85} = \underline{\underline{1,094}} \quad (2)$$

Při řešení projektu byly identifikovány rychlé výhry. Jednou z nich bylo upozornění kooperace, že na jejích výrobcích opakovaně chyběly závitové díry. Další rychlou výhrou bylo okamžité proškolení nového zaměstnance, který na jemný závit použil standartní závitník, čímž jej zničil.

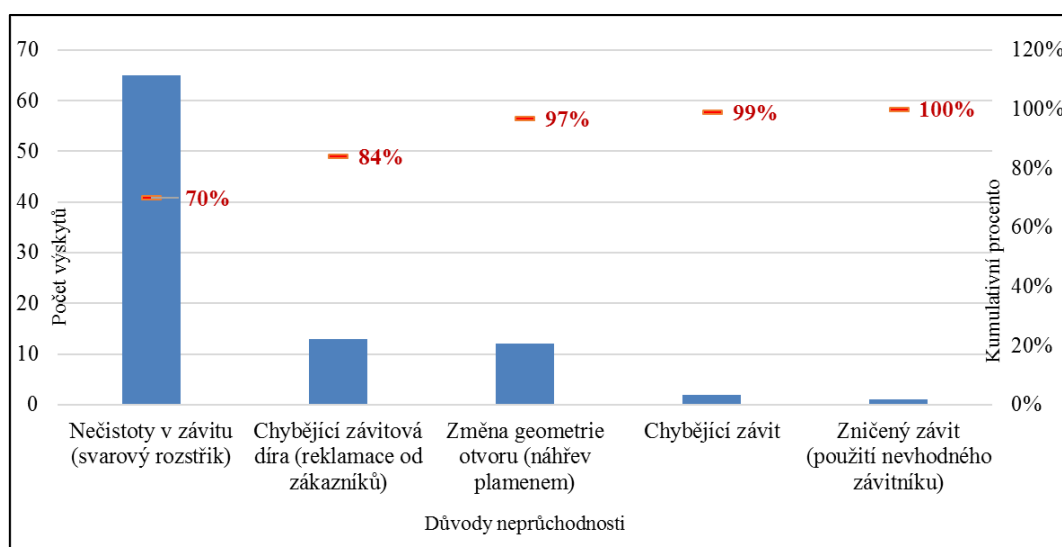
### 4.3 Analyzovat

Z nasbíraných dat bylo zjištěno, že za sledované období bylo zkontrolováno 85 kusů výrobku, z toho na 48 kusech byl minimálně jeden neprůchozí závit. Celkem bylo odhaleno 93 neprůchozích závitů. Nejčastějším důvodem neprůchodnosti byl svarový rozstřík, který se projevuje kuličkami v závitě. Závity znečištěné svarovým rozstříkem byly vyznačeny na 3D modelu, kde se zjistilo, že znečištěné závity tvoří „zóny“ (Příloha D).

Druhým nejčastějším důvodem byla zcela chybějící závitová díra. Četnost tohoto defektu byla získána pomocí sběru hlasu zákazníka z reklamací.

Změna geometrie otvoru byla třetí nejčastější vadou. Tato deformace byla způsobena náhřevem plamenem.

Dalšími důvody neprůchodnosti závitů byl ještě chybějící závit a zničený závit. Ke zničení závitu došlo protažením jemného závitu závitníkem na klasický závit.

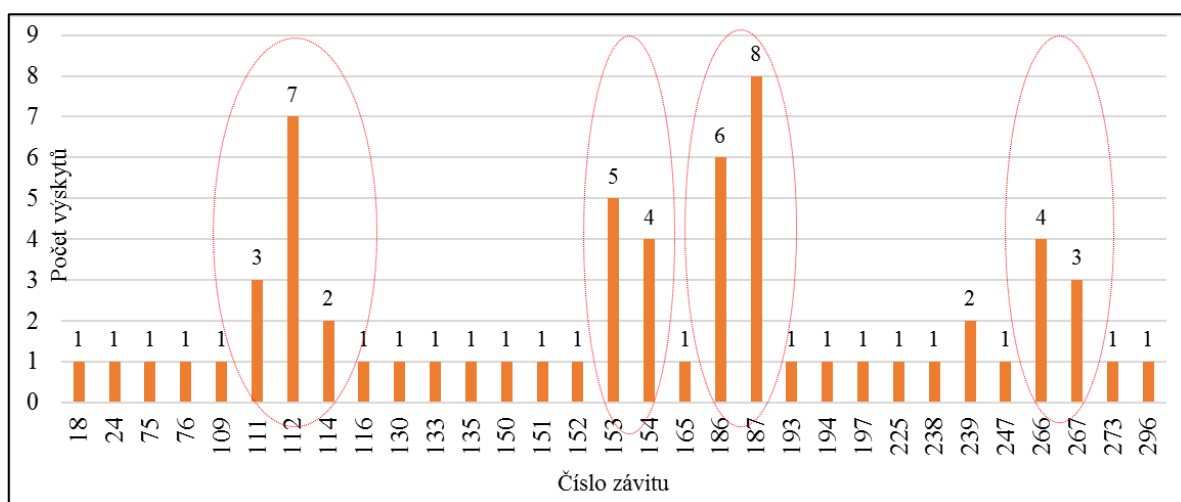


Graf 3: Paretova analýza důvodů neprůchodnosti.

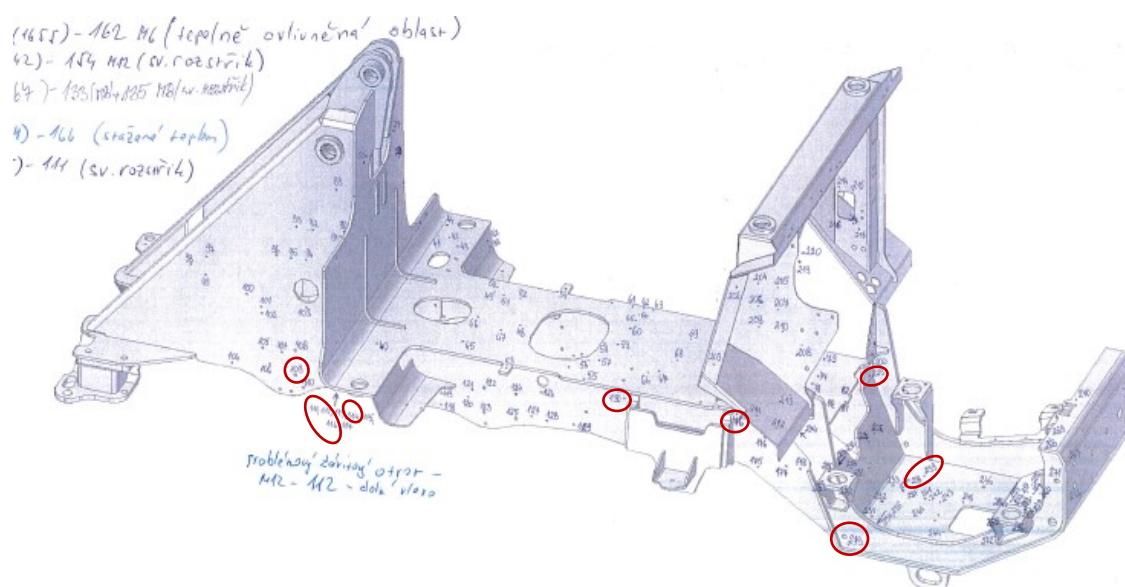




Obrázek 20: Kulička.



Graf 4: Počet neprůchozích děr vlivem znečištění.

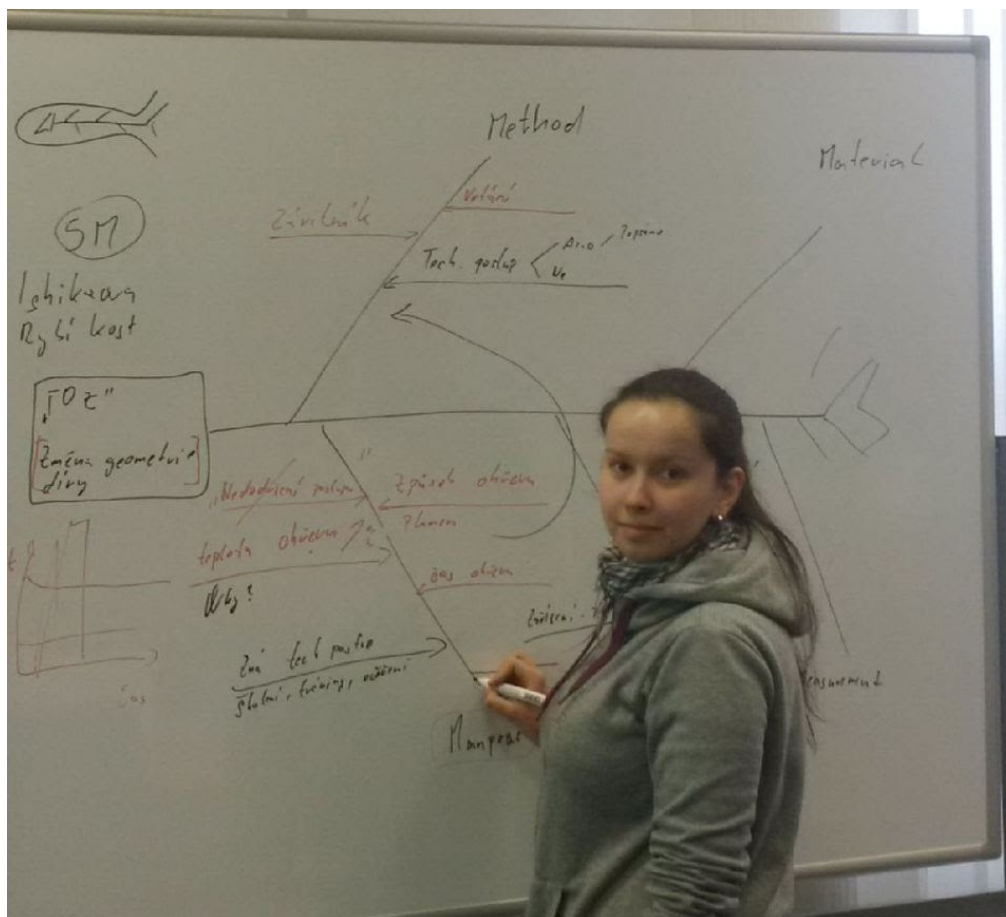


Obrázek 19: Zóny svarového rozstříku.



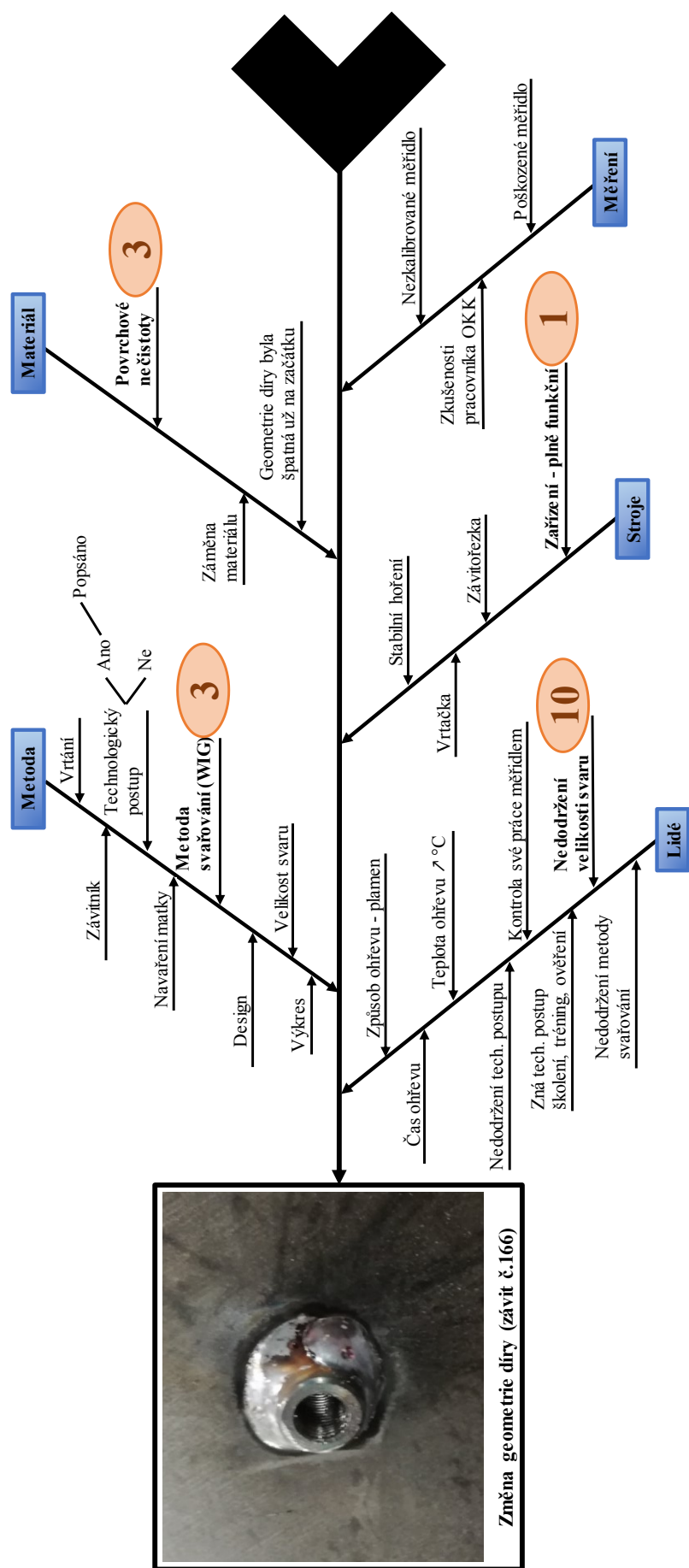
Obrázek 21: Závitník na kontrolu jemného závitu.

Dalším důvodem byla změna geometrie jedné a té samé závitové díry, pro kontrolu průchodnosti se používal závitník na obrázku 21. Pro změnu geometrie na daném závitu byl vytvořen pomocí brainstormingu Ishikawa diagram, aby byly přehledně zjištěny veškeré vlivy na proces. Ze všech vlivů byly týmově vybrány čtyři, které měly na proces největší vliv.



Obrázek 22: Tvorba Ishikawa diagramu.





Obrázek 23: Ishikawa diagram.

Pro svarový rozstřík bylo také provedeno 5x Proč (za předpokladu, že 1 člověk dělal 7 po sobě jdoucích kusů – pro zjednodušení):

1. Proč byla použita špatná svařovací metoda?

Protože pracovník nepoužil správnou svařovací metodu (místo WIGu CO).

2. Proč pracovník nepoužil správnou svařovací metodu?

Protože neměl technologický postup.

3. Proč neměl technologický postup?

Protože neprošel tréninkem, kde by mu jej dali.

4. Proč neprošel tréninkem?

Protože byl nový a byl na noční směně, trénink byl plánován na odpolední směnu.

5. Proč byl na noční směně bez projití tréninkem?

Protože pracovník byl zkušený, proto dostal důvěru nastoupit hned na noční směnu.

## 4.4 Zlepšit

Řešením neprůchodnosti závitů způsobené svarovým rozstříkem bylo zakrytí závitů ve vyznačených zónách. Závity je možno krýt pomocí šroubů či pomocí zátek k tomu určených.



*Obrázek 24: Krytí závitů.*

Nápravná opatření plynoucí pro svarový rozstřik plynoucí z 5x Proč:

1. Nutné školení před nástupem do práce
2. Vizualizace na pracovišti
3. Stínový graf – vygravírování velikosti svaru
4. Práce pod dozorem
5. Udělat kontrolní deník výroby

Na základě toho pracovník ví správnou velikost svaru, metodu svařování.

Proběhlo také školení všech stávajících pracovníků, aby věděli, kde je jemný závit (a tudíž, že musí použít pro tento závit vhodný závitník), kde chyběly závity a závitové díry a jaká má být velikost svaru u nejčastěji deformovaného závitu.

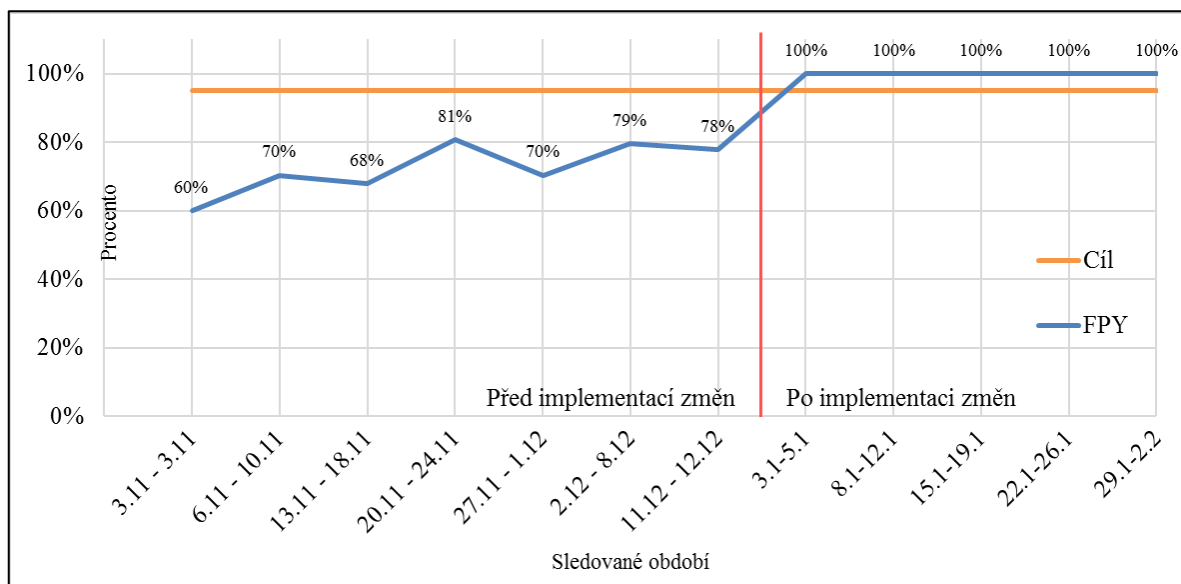
Po zavedení změn do výroby se ukázalo, že je problém s neprůchodností závitových děr vyřešen.

Tabulka 4: Data po implementaci změn.

	Sledované období	Počet ks předložených ke kontrole	Počet vrácených kusů	% vrácených kusů	Vady								
					Nevyhovující svary	Kolmost zadní nápravy	Symetrie	Neprůchozí závit	Rozměru	Chybí díl	Nesražené hrany, sv. rozstřik	Neprojde kontrolní čep	Vyčnívající pouzdra
Sběr dat ve výrobě	3.11 - 3.11	5	2	40%	9	0	0	4	5	0	2	1	0
	6.11 - 10.11	27	17	63%	66	0	0	11	6	0	2	0	0
	13.11 - 18.11	28	18	64%	31	1	0	12	5	0	2	2	0
	20.11 - 24.11	31	17	55%	21	1	0	14	8	0	6	1	1
	27.11 - 1.12	27	20	74%	28	2	0	25	3	0	3	5	0
	2.12 - 8.12	39	30	77%	39	3	1	21	18	0	2	8	0
	11.12 - 12.12	9	5	56%	6	1	0	2	4	0	1	2	0
Sběr dat ve výrobě po implementaci změn	3.1-5.1	11	2	18%	10	0	0	0	10	0	1	1	0
	8.1-12.1	33	10	30%	23	1	0	0	25	0	2	5	0
	15.1-19.1	41	19	46%	35	0	0	0	23	0	5	5	0
	22.1-26.1	38	17	45%	29	2	0	0	52	0	7	5	0
	29.1-2.2	32	9	28%	24	1	0	0	21	0	6	4	0

## 4.5 Kontrolovat

Jak lze vidět v tabulce 4, bylo dosaženo naprostého vyloučení neprůchozích závitových děr. Splnily se také hodnoty klíčových ukazatelů CTQ, které byly zadány prostřednictvím Project Charteru: náklady na nekvalitu byly z 20 000 Kč sníženy na 0 Kč, počet vad byl snížen na nulu (Tabulka 4), FPY (co se týče zastavení výrobku z důvodu neprůchodnosti závitu) se podařilo ze 40% dostat na 100% a procento dodaných výrobků zákazníkovi v požadovaném čase z 60% bylo zvýšeno na 85%.



*Graf 5: FPY ve sledovaném období.*

Příklad výpočtu nákladů na nekvalitu: Po dobu sběru dat pro projekt bylo zjištěno 13 chybějících závitových děr, které zachytil zákazník. Za opravu jednoho tohoto defektu si zákazník účtoval 20 €, takže za 13 defektů to v přepočtu ( $1 \text{ €} = 25.34 \text{ Kč}$ ) bylo 6588 Kč.<sup>16</sup>

Závitové díry byly i nadále kontrolovány pracovníkem kontroly, avšak již byl nulový výskyt neprůchozích děr. Dále se konaly kontrolní schůzky každý pátek od 13 h. a trvaly okolo 10 minut. Díky dlouhodobému nulovému výskytu vad tohoto typu se uvažuje nad kontrolou co třetího kusu a postupně se tento interval bude rozšiřovat.

Projekt byl předán vlastníkovvi na schůzce celého týmu, kde bylo představeno zlepšení a jeho výsledky. Vlastník řešení projektu akceptoval. Projekt tedy mohl být ukončen.

Na závěr ještě proběhlo zhodnocení projektu týmem, co se udělalo správně, jaké se v průběhu řešení udělaly chyby, co příště udělat jinak a lépe.

## 5 Zhodnocení návrhů a přínos pro podnik

Bakalářská práce měla za cíl zlepšit výrobní proces použitím nástrojů Six Sigma. Pomocí přístupu DMAIC byl celý proces prozkoumán a opravdu zlepšen.

Nejprve byl nadefinován projekt pomocí matice výběru projektů a Paretovy analýzy. Sestavil se projektový tým o pěti členech a celý projekt se naplánoval tak, aby byl zvládnutelný. Následně byl sepsán a schválen Project Charter.

Poté se přešlo k měření potřebných dat. Na 3D modelu výrobku se očíslovaly veškeré závitové díry a na pracovišti výstupní kontroly se zaznamenávalo, které jsou neprůchozí a také četnost a důvod neprůchodnosti.

Při analýze nasbíraných dat bylo zjištěno, že za sledované období mělo ze zkontrolovaných 85 kusů výrobků celkem 48 kusů 93 neprůchozích závitů. Nejčastějším důvodem neprůchodnosti byl svarový rozstřík, což jsou kuličky v závitě, přes které nemůže projít šroub. Při vyznačení neprůchozích závitových děr z důvodu svarového rozstříku na 3D modelu bylo objeveno, že neprůchozí díry tvoří zóny svarového rozstříku, které bylo doporučeno krýt šrouby či jinými krytkami. Dalším důvodem neprůchodnosti byla změna geometrie díry. Příčiny jejího vzniku byly rozebrány prostřednictvím Ishikawa diagramu a metodou 5x Proč. Nápravným opatřením je například nutné školení zaměstnanců před nástupem do práce či vizualizace na pracovišti. Dalšími důvody neprůchodnosti byl chybějící závit či zcela chybějící závitová díra a jemný závit protažený standartním závitníkem.

Následně byla vybrána nápravná opatření, např. krytí závitů v zónách svarového rozstříku. Po implementaci změn se ukázalo, že se povedlo neprůchodnost závitů na výrobku úplně odstranit.

Ve fázi kontroly bylo ověřeno, že jsou splněny hodnoty klíčových ukazatelů CTQ z Project Charteru. Nadále se závity kontrolovaly na výstupní kontrole a nadále se konaly kontrolní schůzky. Díky dlouhodobému nulovému výskytu neprůchozích závitů se uvažuje nad kontrolou co třetího kusu výrobku a nadále se bude tento interval rozšiřovat. Na schůzce celého týmu byl projekt předán zpět vlastníkově, který jeho řešení přijal. Celý tým byl pochválen a na závěr se týmem zhodnotil průběh řešení projektu, aby se vědělo, co lze příště udělat lépe.

Splnil se tím také cíl snížení nákladů na nekvalitu.

## 6 Literatura

1. VOP CZ, s.p. [online]. Šenov u Nového Jičína [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <http://www.vop.cz/?intLang=0>
2. SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.
3. ICG-CAPABILITY. *Výuková skripta*. Praha: ICG – Capability, 2015.
4. Six Sigma. *Ikvalita.cz* [online]. ©2005-2016 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=56>
5. MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL. *Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000. ISBN 80-902235-6-7.
6. LEAN EXPERTS s.r.o. Co je to Lean? *Leanexperts.cz* [online]. LEAN EXPERTS s.r.o., ©2015 [cit. 2017-12-11]. Dostupné z: <http://www.leanexperts.cz/lean-sluzby/stihla-vyroba/>
7. GEORGE, M. L. *Kapesní příručka Lean Six Sigma: rychlý průvodce téměř 100 nástroji na zlepšování kvality procesů, rychlosti a complexity*. Přeložil K. HODICKÁ. Brno: SC&C Partner, 2010. 280 s. ISBN 978-80-904099-2-7.
8. The premium class among wheel loaders. *KRAMER* [online]. ©2018 [cit. 2018-02-04]. Dostupné z: <http://www.kramer-online.com/en/products/model/k1378/>
9. Maps. *Google* [online]. 2016 [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <https://bit.ly/2Ef0g6j>
10. Ishikawa diagram. *Vlastní cesta.cz* [online]. 2012 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <http://www.vlastnicesta.cz/metody/ishikawa-diagram-1/>
11. Ishikawův diagram. *ManagementMania.com* [online]. 2016 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/ishikawuv-diagram>
12. 5X PROČ. *Ikvalita.cz* [online]. 2016 [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=138>
13. Pareto analýza. *Vlastní cesta.cz* [online]. 2012 [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <http://www.vlastnicesta.cz/metody/pareto-analyza/>
14. DMAIC metoda. *Vlastní cesta.cz* [online]. [cit. 2018-04-03]. Dostupné z: <http://www.vlastnicesta.cz/metody/dmaic-metoda-1/>
15. PRŮMYSL. *Ochrana osob a objektů kritické infrastruktury* [online]. [cit. 2018-04-04]. Dostupné z: <http://www.vop-security.cz/prumysl.html>
16. Kurzy měn, akcie, komodity, online zprávy. *Kurzy.cz* [online]. ©2000-2018 [cit. 2018-04-06]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/>

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Základní druhy plýtvání. <sup>5</sup> .....	10
Obrázek 2: DMAIC. <sup>14</sup> .....	11
Obrázek 3: Schéma fáze Definovat. <sup>3</sup> .....	12
Obrázek 4: Schéma fáze Měřit. <sup>3</sup> .....	14
Obrázek 5: Schéma fáze Analyzovat. <sup>3</sup> .....	15
Obrázek 6: Schéma fáze Zlepšit. <sup>3</sup> .....	17
Obrázek 7: Schéma fáze Kontrolovat. <sup>3</sup> .....	18
Obrázek 8: Pohled na podnik. <sup>9</sup> .....	20
Obrázek 9: Vojenské vozidlo značky NIMR. <sup>1</sup> .....	21
Obrázek 10: Nakladač Dapper. <sup>1</sup> .....	22
Obrázek 11: Výrobek Rahmen.....	23
Obrázek 12: Kolový nakladač. <sup>8</sup> .....	23
Obrázek 13: Schéma pracoviště.....	24
Obrázek 14: Ukázka, kde by závitů správně měly být.....	27
Obrázek 15: Znázornění, kde závitové díry zcela chybí.....	27
Obrázek 16: Výrobní číslo neshodného kusu. ....	27
Obrázek 17: Kontrola průchodnosti závitů.....	29
Obrázek 18: Ukázka sběru dat. ....	29
Obrázek 19: Zóny svarového rozstříku.....	31
Obrázek 20: Kulička. ....	31
Obrázek 21: Závitník na kontrolu jemného závitu. ....	32
Obrázek 22: Tvorba Ishikawa diagramu.....	32
Obrázek 23: Ishikawa diagram. ....	33
Obrázek 24: Krytí závitů.....	34

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Sledované vady na výrobku.....	24
Tabulka 2: Matice výběru projektů.....	25
Tabulka 3: Ganntův diagram. ....	26
Tabulka 4: Data po implementaci změn. ....	35

## Seznam grafů

Graf 1: Paretova analýza vad. ....	26
Graf 2: Klíčové ukazatele vztažené na CTQ.....	28
Graf 3: Paretova analýza důvodů neprůchodnosti. ....	30
Graf 4: Počet neprůchozích děr vlivem znečištění. ....	31
Graf 5: FPY ve sledovaném období.....	36



## **7 Seznam příloh**

Příloha A: Přehled všech vad na výrobku Rahmen

Příloha B: Projekt Charter

Příloha C: Tabulka s čísly, velikostí a pozicí všech závitů na výrobku Rahmen

Příloha D: Vyznačení všech vad na výrobku Rahmen a data

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala Ing. Vladimíře Schindlerové, Ph.D. za ochotu, optimismus a trpělivost při vedení této bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat podniku VOP CZ, s. p. za příležitost praktického vypracování práce a Ing. Vlastimilu Čepovi za pečlivé provedení celou problematikou a zapůjčení odborné literatury. Poděkování patří také panu Petru Chudjakovi za spolupráci při sběru dat. Poděkovat bych chtěla také rodině a přátelům za podporu nejen při vypracovávání této práce.